

туманообразования на профили концентраций незначительно и концентрации пара можно рассчитывать по кривой насыщения и температуре потока в данной точке.

Применение разработанной модели к процессу испарения жидкости с поверхности и с последующей объемной конденсацией пара в потоке показывает, что в этом случае конденсация пара происходит в узкой полосе на некотором удалении от поверхности — так называемая полоса тумана. Вне пределов этой полосы, концентрация пара невелика.

Качественно та же картина с распределением температуры и концентраций пара вблизи охлаждаемой или нагреваемой поверхности наблюдается и при турбулентном течении. Однако эффект полосы тумана при турбулентном течении выражен не так ярко из-за того, что происходит размывание области высокой концентрации капель тумана за счет интенсивных турбулентных пульсаций.

УДК 697

## **ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ РЕМОНТНО-МЕХНИЧЕСКОГО ЦЕХА**

### **JUSTIFICATION OF THE METHOD OF HEATING AND VENTILATION OF THE REPAIR-MECHANICAL SHOP**

Ильина Е. М., Старкова К. А., Волкова А. В., Морозов А. Ю.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург  
ilyichova@gmail.com, star-kristin@yandex.ru, dikilman@yandex.ru.

Ilyina E. M., Starkova K. A., Volkova A. V., Morozov A. Yu.  
Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** В работе изложено обоснование технического решения по отоплению и вентиляции ремонтно-механического цеха с учетом капитальных затрат и эксплуатационных расходов здания. Получены выводы о целесообразности применения лучистого отопления с газовым нагревом приточного воздуха.

**Abstract:** The paper presents a comparison of technical solutions for the design of heating and ventilation systems in an industrial building, taking into account capital costs and qualitative characteristics of systems. Conclusions are drawn about the advisability of using radiant heating with gas heating of fresh air.

**Ключевые слова:** отопление; вентиляция; сравнение; энергоэффективность

**Key words:** heating; ventilation; system; comparison; energy efficiency

Наиболее крупные потребители энергии в промышленных зданиях – системы отопления и вентиляции. В связи с этим, выбор наиболее энергоэффективного технического решения для данных систем, его технико-экономического обоснования является актуальной задачей.

В работе были рассмотрены варианты отопления и вентиляции ремонтно-механического цеха «Староцементного завода» в г. Сухой Лог. Расчётная температура наружного воздуха в холодный период года  $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$  [1], внутреннего воздуха для цеха  $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , расчетная температура приточного воздуха для подачи в рабочую зону  $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$  [2]. Согласно расчетам, общие теплотери цеха через наружные ограждения и затраты на нагрев ввозимого с улицы материала составляют  $124,6\text{ кВт}\cdot\text{ч}$ .

Минимальный однократный воздухообмен ( $9000\text{ м}^3/\text{ч}$ ) определен из условия разбавления вредных веществ и поддержания допустимых параметров микроклимата здания. Применение рециркуляции, а также утилизации теплоты вытяжного воздуха при помощи рекуператоров и регенераторов недопустимо, в соответствии

с нормами, из-за высокой токсичности вредных веществ. Необходимость применения нагрева значительного объема наружного воздуха в приточной системе вентиляции влечет значительные энергозатраты (142 кВт·ч).

В качестве исходных данных принят тариф на газ 5 руб./м<sup>3</sup>. Параметры теплоносителя в водяной котельной 80/60 °С.

Были рассмотрены следующие варианты:

1) Водяное отопление и вентиляция с водяным нагревом: система отопления с регистрами и магистралями из стальных труб, вентиляция помещения с помощью приточной установки и вытяжных крышных вентиляторов, обеспечивающих расчетный воздухообмен, наличие блочной котельной с двумя котлами (резервирование 50 %) на общую мощность 300 кВт.

2) Водяное отопление и вентиляция с газовым нагревом приточного воздуха: приточная установка «Тепловей» с модуляционной горелкой ВН-003-170, вытяжная вентиляция и отопления не меняются, при этом мощность котельной снижается до 125 кВт.

3) Вентиляция, совмещенная с воздушным отоплением: две установки ВН-003-170 мощностью 138 кВт каждая, без котельной.

4) Лучистое отопление и вентиляция с газовым нагревом приточного воздуха: отопление газовыми отопительными приборами *Panrad FRC4* (12 м длина, мощность 40 кВт, 6 шт.), установленными под потолком, котельная не требуется, вентиляция по варианту 2.

Капитальные затраты по вариантам приведены в таблице.

Результаты расчета капитальных затрат

Параметры	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Потребляемая мощность по газу, кВт	269	269	276	269
<b>Отопление</b>				
Материалы, руб.	871 790	871 790	100 000	778 000
Работа, руб.	250 000	250 000	50 000	210 000
<b>Вентиляция</b>				
Приточная установка, руб.	395 990	746 584	1 557 168	746 584
Вытяжная установка, руб.	101 070	101 070	101 070	101 070

Теплоснабжение, руб.	58 400	58 400	0	58 400
Воздуховоды, руб.	143 840	143 840	243 840	143 840
Клапаны, руб.	9 000	9 000	9 000	9 000
Воздухораспределители, руб.	46 200	46 200	46 200	46 200
Работа, руб.	240 000	320 000	360 000	320 000
Блочная газ. котельная, руб.	1 220 000	950 000	0	0
<b>Итого, по варианту, руб.</b>	<b>3 336 290</b>	<b>3 496 884</b>	<b>2 467 278</b>	<b>2 413 094</b>

Также было проведено качественное сравнение вариантов из условия поддержания нормируемых параметров микроклимата в рабочей зоне. Все варианты предполагают подачу приточного воздуха в рабочую зону.

Варианты классической вентиляции (варианты 1, 2, 4) предполагают подачу приточного воздуха с температурой +16 °С, близкой к температуре рабочей зоны +18 °С. В таком случае приточный воздух равномерно заполняет рабочую зону (эффект «затопления») и, ассимилировав вредности, нагревшись, удаляется из верхней части помещения. При этом достаточна и необходима подача воздуха с низкими скоростями. С другой стороны, вариант № 3 сочетает систему вентиляции и воздушного отопления и предполагает подачу перегретого до +60 °С воздуха в помещение. Подача воздуха может создать недопустимый нормами температурный контраст ( $\Delta t$ , °С) на рабочих местах. Рабочая зона становится камерой смешения тепловых потоков. При применении варианта 3, для эффективного использования теплоты необходимо подавать воздух в нижнюю часть помещения. Горизонтальная или вертикальная струи относительно горячего воздуха будут неизбежно искривляться под действием архимедовых сил и «всплывать» в верхнюю зону помещения. С другой стороны, чтобы свежий воздух находился достаточное время в рабочей зоне и успел ассимилировать вредности, требуется увеличение дальнобойности воздушной струи. Такое воздухораспределение приведет к повышению подвижности воздуха на рабочем месте, а также нестабильной работе местных

отсосов. Если подавать горячий воздух с вертикальными струями из верхней зоны, то он может не достигнуть рабочей зоны, преждевременно «всплыв» вверх. Таким образом, получим тепловую подушку под перекрытием, таяние снега на кровле и холодную рабочую зону.

С точки зрения затрат на обслуживание систем, варианты 3 и 4 выгоднее в виду отсутствия котельных, насосного оборудования, систем трубопроводов с арматурой в цехе, отсутствием потерь в промежуточных звеньях – теплообменниках.

*Выводы.* С точки зрения капитальных, эксплуатационных затрат и возможности создания допустимых параметров микроклимата наиболее приемлемым является вариант лучистого отопления с газовыми инфракрасными излучателями и вентиляции с газовым непрямым нагревом приточного воздуха в установке типа «Тепловей».

#### Список использованных источников

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.
2. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003

УДК 697.9

## **СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУХООБМЕНА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ**

## **COMPARISON OF METHODS OF ORGANIZATION OF AIR- EXCHANGE PRODUCTION PREMISES**

Ильина Т. А., Петров Е. А., Колпаков А. С.  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург  
petrov\_yegor@mail.ru

Ilina T. A., Petrov E. A., Kolpakov A. S.  
Ural Federal University, Ekaterinburg